

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Žiga Pintar

**Simulacija vožnje z avtomobilom v
vinjenem stanju s pomočjo očal za
navidezno resničnost**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM
PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: izr. prof. dr. Peter Peer

Ljubljana, 2017

COPYRIGHT. Rezultati diplomske naloge so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavo in koriščenje rezultatov diplomske naloge je potrebno pisno privoljenje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Simulacija vožnje z avtomobilom v vinjenem stanju s pomočjo očal za navidezno resničnost

Tematika naloge:

Razvijte sistem, ki bo simuliral vožnjo avtomobila v vinjenem stanju tako, da se uporabnik potopi v navidezni svet s pomočjo očal za navidezno resničnost. Predstavite obstoječe sorodne aplikacije. Izberite ustrezna orodja in naprave ter evalvirajte sistem na manjši množici uporabnikov.

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Petru Peeru za nasvete in odzivnost pri izdelavi diplomskega dela. Prav tako bi se rad zahvalil asistentu Žigi Emeršiču za pomoč pri postavitvi okolja na fakulteti. Zahvala gre še bližnjim in prijateljem za pomoč in spodbudo.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Prometna statistika in sorodne aplikacije	3
2.1	Vpliv alkohola na telo in vožnjo	3
2.2	Statistika nesreč v prometu	6
2.3	Sorodni simulatorji	7
3	Naprave za navidezno resničnost	13
3.1	Teržave naprav za navidezno resničnost	13
3.2	Pregled naprav	14
3.3	Primerjava	18
4	Razvoj aplikacije	19
4.1	Unity	19
4.2	Scena	20
4.3	Razvoj umetno inteligentnega voznika	22
4.4	Kamera	25
4.5	Približevanje resničnosti	26
4.6	Integracija kontrolerjev	28

5	Ovrednotenje	31
5.1	Kvalitativna ocena	31
5.2	Osebno mnenje	34
6	Zaključek	35
	Literatura	37

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
VR	virtual reality	navidezna resničnost
AR	augmented reality	obogatena resničnost
BAC	blood alcohol content	koncentracija alkohola v krvi
EBAC	estimated blood alcohol content	predvidena koncentracija alkohola v krvi

Povzetek

Naslov: Simulacija vožnje z avtomobilom v vinjenem stanju s pomočjo očal za navidezno resničnost

Avtor: Žiga Pintar

Znanje vožnje avtomobila je v današnjem času postalo nujna veščina. Vendar se veliko ljudi ne zaveda, kakšno odgovornost prevzamejo, ko sedejo za volan vinjeni, ker menijo, da so v danem trenutku sposobni voziti. Statistika kaže, da bi lahko vozniki preprečili veliko nesreč in poškodb, če ne bi bili vinjeni. Prav zato, ker se ljudje ne zavedajo, kako alkohol v resnici vpliva na njihovo vožnjo, je namen tega diplomskega dela narediti program, ki omogoča uporabnikom varno in čim bolj prepričljivo izkušnjo vožnje pod vplivom alkohola s pomočjo simulacije. Z uporabo tehnologij navidezne resničnosti uporabnik namreč lahko vstopi v navidezni svet, kjer doživi vožnjo v simuliranem vinjenem stanju, ne da bi pri tem ogrozil sebe ali druge udeležence v prometu. Po opravljenem testiranju lahko rečemo, da je tak tip simulacije primeren za izobraževanje ljudi, vendar obstoječa tehnologija za navidezno resničnost morda ni najboljša izbira.

Ključne besede: Simulacija, navidezna resničnost, vinjenost, vožnja avtomobila, Oculus Rift.

Abstract

Title: Simulation of car driving in drunken state with virtual reality glasses

Author: Žiga Pintar

Driving a car has become a necessary skill today. A lot of people do not know what kind of responsibility they have when they get behind the wheel drunk, because in that moment they really believe they can drive. But statistics show that a lot of accidents and injuries could be avoided if the driver was not drunk at the time. The purpose of this thesis is to create a program, which allows the user to safely and realistically experience how alcohol effects their driving through a simulation. The user is able to experience driving under the influence of alcohol in a simulated environment with the use of virtual reality technology. The tests show that the simulation is a good way to educate people, but in this case using existent virtual reality equipment might not be the best option.

Keywords: Simulation, virtual reality, drinking and driving, Oculus Rift.

Poglavje 1

Uvod

Zaradi tempa življenja, ki je vse hitrejši in zahteva vedno večjo racionalizacijo porabe časa, je postala vožnja z avtomobilom vsakodnevna potreba. Pred pričetkom samostojne vožnje mora voznik opraviti tečaj prve pomoči, poznati cestnoprometne predpise in opraviti praktični del vožnje v avtošoli. Z letom 2010 pa je tudi postalo zakonsko obvezno, da mladi vozniki v treh letih, po tem ko opravijo vozniški izpit, naredijo še tečaj varne vožnje [1]. Namen tečaja je, da lahko vozniki začetniki doživijo osebno izkušnjo nevarnih situacij, ki se jim lahko zgodijo med vožnjo, kot so pravilno zaviranje na različnih podlagah, ukrepanje ob zdrsuh vozila, neustrezna varnostna razdalja, in se ustrezno odzovejo nanje.

Po statističnih podatkih je število prometnih nesreč v porastu, zaskrbljujoče pa narašča tudi število prometnih nesreč, ki jih povzročijo vinjeni vozniki. Običajno so te nesreče povezane z veliko smrtnostjo, preživeli pa imajo pogosto hude zdravstvene posledice.

To se dogaja, ker se ljudje ne zavedajo vpliva, ki ga ima alkohol na njihovo telo, tako mentalno kot fizično, in ker so v trenutku, ko sedijo za volan, prepričani, da so njihove sposobnosti za vožnjo povsem enake kot v treznem stanju. Ne zavedajo pa se, da z vožnjo v tem primeru ogrožajo sebe in vse druge udeležence v prometu.

To je težava, za katero še nismo našli primerne rešitve. Napredek v avto-

mobilski industriji je pripomogel k temu, da so avtomobili bolj varni, da je manj težkih poškodb ter manj smrtnih izidov na račun samih vozil. Na področju računalništva pa sta v zadnjih letih postala zanimiva pojma navidezna resničnost (angl. virtual reality) in obogatena resničnost (angl. augmented reality) in njuna aplikacija v vsakdanjem življenju, kamor lahko prištevamo tudi vožnjo avtomobila v vinjenem stanju.

Cilj diplomske naloge je ustvariti program, ki omogoča, da uporabnik na varen in kar se da realističen način izkusi vožnjo pod vplivom alkohola. V ta namen smo uporabili tehnologijo navidezne resničnosti, pri čemer smo uporabili očala Oculus Rift. Za doživetje pravega občutka vožnje smo uporabili računalniško opremo za simulacijo vožnje, v katero spadajo volan ter pedala.

Poglavje 2

Prometna statistika in sorodne aplikacije

Ker diplomsko delo temelji na vplivu, ki ga ima alkohol na umske in telesne sposobnosti človeka med vožnjo, smo v delu, ki sledi, poskušali ta vpliv bolj natančno razložiti.

2.1 Vpliv alkohola na telo in vožnjo

Alkohol je ena izmed legalnih drog, po kateri lahko poseže vsaka polnoletna oseba, in kot vsaka droga ima tudi ta stranske učinke. Ob uživanju se alkohol kopiči v krvi, njegov vpliv pa je odvisen od več dejavnikov, kot so telesna teža, spol, ali smo pred pitjem zaužili hrano, od količine in vrste zaužite alkoholne pijače ipd. Vsebovanost alkohola v telesu se meri v promilih. Za izračun pa se uporablja naslednja enačba (estimated blood alcohol content – EBAC) [2]:

$$EBAC = \left(\frac{0,806 \times SD \times 1,2}{BW \times Wt} - MR \times DP \right) \times 10, \quad (2.1)$$

kjer so:

- 0,806 – konstanta telesne vode v krvi

- SD – koliko kozarcev pijače, ki vsebuje 10 gramov etanola, smo popili
- 1,2 – faktor za konverzijo količine v grame
- BW – konstanta telesne vode (0,58 za moške ter 0,49 za ženske)
- Wt – telesna teža v kilogramih
- MR – metabolična konstanta 0,017
- DP – časovni interval pitja v urah
- 10 – spremenjeni rezultat v promile alkohola

Od količine in odstotka alkohola v krvi je odvisno, kako dolgo ostane le-ta v našem telesu. Na sliki 2.1 je prikazan čas, potreben za razgradnjo ene enote alkohola (eno pivo, kozarec vina, šilce žganja). V povprečju telo predela med 0,15 in 0,20 promilov v eni uri, ta številka je lahko rahlo višja, če gre za osebo, ki pogosto uživa alkohol.

Slika 2.1: Čas, potreben za razgradnjo alkohola [3]

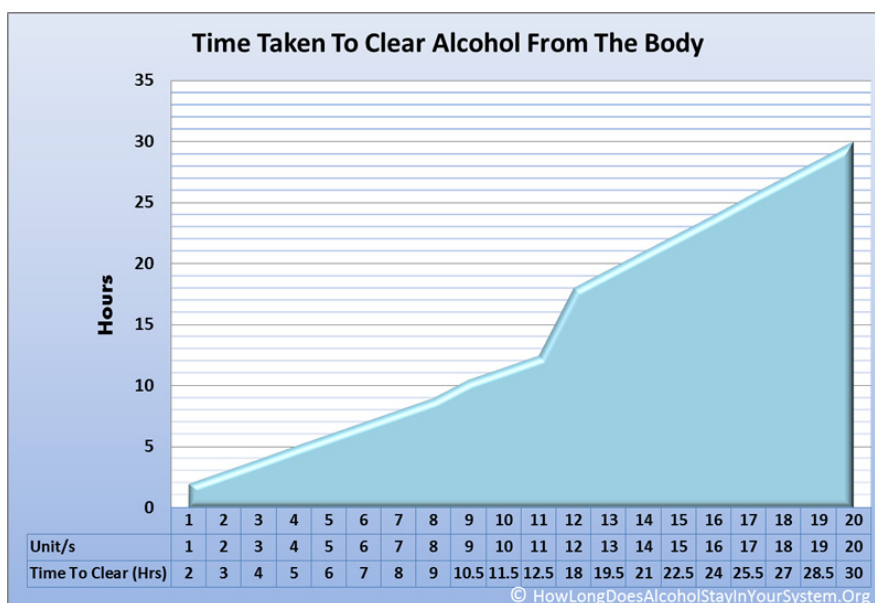


Tabela 2.1 prikazuje promile alkohola v krvi, kako ta spremeni naše vedenje in katere funkcije so lahko motene ter nam otežujejo normalno delovanje.

Tabela 2.1: Vpliv promilov alkohola v krvi na vedenje osebe

Promile	Obnašanje	Oslabitev
0,01 – 0,29	Normalno Brez večjih sprememb	Ni opaznih oslabitev
0,30 – 0,59	Evforija Sproščenost Komunikativnost	Koncentracija
0,60 – 0,99	Zmanjšano zaznavanje Evforija	Periferni vid Globinski vid Okrevanje po obsvetlitvi Razum
1,00 – 1,99	Prekomerno izražanje Slabost Bruhanje	Refleksi Reakcijski čas Zibanje
2,00 – 2,99	Slabost Bruhanje Čustveno nihanje	Huda oslabitev nadzora mišic Lahko tudi izguba zavesti
2,99 – 5,00	Izguba zavesti Bruhanje Koma Lahko vodi do smrti	Upočasnen krvni tlak Oslabljeno dihanje

Če rezultate v tabeli prenesemo na vožnjo, ugotovimo, da se z večanjem koncentracije alkohola v krvi podaljšuje reakcijski čas, zmanjšuje možnost za kritično razmišljanje, sposobnost zaznavanja in interpretacija le-tega. Te sposobnosti so ključnega pomena, da lahko voznik pravočasno vidi, interpretira in se odzove na nepredvidljive situacije v prometu [4]. V študijah je bilo ugotovljeno, da se je z večanjem vrednosti promilov večalo tudi število oseb, ki občutijo otežene reakcije.

Prav zato, ker je v večini primerov človek prepričan, da z njim ni nič na-

robe, je potrebno ljudi osveščati o vplivih alkohola in kako v resnici ogrožajo vse v prometu. Zato smo v našem programu uporabili preprosto nalogo ustaljanja voznika avtomobila pred oviro z več stopnjami. Stopnje, zaobjete v diplomski nalogi, so naslednje:

- 0,0 promila – v tem stanju se reakcijski čas ne podaljša in prav tako ni prekomernega zavijanja oziroma popravljanja smeri z volanom;
- 0,5 promila – tukaj se že pojavi nekoliko zamegljen vid, podaljša se reakcijski čas. Prisotno je tudi manjše spreminjanje smeri zaradi popuščanja mišic;
- 1,0 promila – poleg že vseh prej znanih simptomov, se reakcijski čas podaljša za še enkrat;
- 1,5 promila – vsi do sedaj znani simptomi se le še potencirajo.

2.2 Statistika nesreč v prometu

S statistiko nesreče v prometu se pri nas ukvarja več ustanov, za potrebe diplomskega dela smo uporabili podatke [5] z Ministrstva za notranje zadeve. Ob pregledu statističnih podatkov in grafov smo prišli do naslednjih ugotovitev:

- Število prometnih nesreč, kjer je vinjenost opredeljena kot sekundarni vzrok, se skokovito povečuje (leta 2016 za 25 odstotkov več kot leta 2015). Med tem je primarni vzrok nesreč najpogosteje neprimljiva hitrost.
- Število alkoholiziranih povzročiteljev nesreč narašča (leta 2016 kar za 28 odstotkov več glede na leto 2015).
- Posledično se veča tudi število nesreč s smrtnim izidom, huje in lažje telesno poškodovanih ter nesreč, kjer je šlo le za materialno škodo.

- Povprečna vrednost alkohola v krvi pa je bila 1,46 mg/l, kar pomeni 1,4 promila. [6]

Podatki, ki smo jih uporabili, so za obdobje od leta 2014 do leta 2016. Poudariti je potrebno, da število nesreč z leti rahlo upada. K temu pripomorejo ukrepi policije, mediji in neprestani razvoj avtomobilske industrije. Vendar kljub temu da število drugih nesreč upada, ostaja število nesreč pod vplivom alkohola enako oziroma se nekoliko povečuje skozi vsa leta.

2.3 Sorodni simulatorji

Simulacija [7] je pojem, ki opisuje imitacijo operacije ali procesa. Zaradi stalnega razvoja tehnologije, so simulacije postale primerne za uporabo na skoraj vseh področjih človekovega delovanja. V simuliranih okoljih se lahko izvede postopke, ki sicer v realnem okolju ne bi bili varni, sprejemljivi ali sploh izvedljivi.

Simulacijska okolja se danes uporabljajo na veliko različnih področjih, od avtomobilske do letalske industrije, na področju biomehanike, robotike, financ ipd. Na sliki 2.2 je primer letalskega simulacijskega sistema, ki se uporablja za urjenje pilotov.

Slika 2.2: Primer letalskega simulacijskega sistema [8]



Diplomsko delo lahko umestimo na področje avtomobilske industrije in

varnosti. Simulacije vožnje [9] niso nekaj novega, saj so se prvič pojavile že leta 1990, ko so na trg začele prihajati prve simulacijske dirkalne igre [10], vendar te niso primerljive z današnjimi programi.

Simulacijska okolja se med seboj razlikujejo glede na tip simulacije, okolje, v katerega postavimo osebo in opremo, ki jo uporabimo za doseganje resničnosti. Glavne težave, ki se pojavljajo pri vseh simulacijah vožnje, so tri:

- Kaj je dovolj dober približek resničnemu svetu?
- Ali so izkušnje, ki jih dobimo, dejansko prenosljive v resnični svet?
- Kako pretentati možgane, saj ima simulacija skoraj vedno zamik v odzivu na reakcije uporabnika?

S temi vprašanji smo se pri izvedbi diplomske naloge soočali tudi sami in jih poskušali čim bolje rešiti. Pred ustvarjanjem programa smo si ogledali nekaj obstoječih simulatorjev vožnje v Sloveniji in po svetu.

2.3.1 Simulatorji vožnje AMZS

Na Avto-moto zvezi Slovenije imajo več različnih simulatorjev [11], ki pokrivajo različne okoliščine vožnje. Večina programov uporablja kontrole, podobne pravemu avtomobilu, in zaslone, ki služijo prikazu. Izpostavil bom dva simulatorja, ki ne sodita med tipične:

Simulator prevračanja – s tem programom se osebe učijo pravilnega pripenjanja z varnostnim pasom in ravnanja v primeru nesreče, ko se vozilo začne prevračati, da bi tako zmanjšali resnost poškodb udeležencev v nesreči. Simulator je prikazan na sliki 2.3.

Slika 2.3: Simulator prevračanja AMZS [12]



Simulator vožnje za voznike intervencijskih in reševalnih vozil – program omogoča varno in napredno učenje voznikov teh vozil. Skozi program voznik spozna svoje napake in tveganja, ki se pojavljajo med vožnjo. Simulator je prikazan na sliki 2.4.

Slika 2.4: Simulator intervencijski in reševalnih vozil [13]



Na AMZS-ju imajo tudi očala (slika 2.5), ki simulirajo vid pod vplivom alkohola ali marihuane in tudi vožnjo v obdobju, ko je voznik utrujen. S temi očali lahko nato uporabniki uporabijo simulatorje vožnje. S pomočjo različnih leč očala ustvarjajo učinke valovanja, popačijo gledalčev pogled [14]

in mu otežijo zaznavanje okolice.

Slika 2.5: Primer očal za simulacijo vida pod vplivom alkohola [15]



2.3.2 NERVteh simulator

NERVteh [16][17] je slovensko zagonsko (start-up) podjetje, ki se je uveljavilo v zadnjih letih in je ustvarilo simulator Zetadrive, viden na sliki 2.6. Njegov simulator je sestavljen iz delov pravega avtomobila in treh ekranov, s katerimi je uporabniku omogočen popolni periferni vid. Za razliko od standardnih simulatorjev ima njihov tudi naprave, ki merijo biometrične in nevrološke informacije uporabnika med vožnjo. Ti podatki lahko služijo uporabnikom, da se bolj osredotočijo na situacije, v katerih se niso odzvali pravilno oziroma bi lahko to storili bolje.

Slika 2.6: NERVteh simulator [18]



2.3.3 National Advanced Driving Simulator

Na Univerzi v Iowi je bil do leta 2007 največji in najbolj sodoben simulator [19] vožnje na svetu, prikazan na sliki 2.7. Uporabljajo kupolo, znotraj katere je kabina vozila, ki služi za pravo izkušnjo vožnje. Okoli samega vozila so zasloni, ki prikazujejo celotno okolje okoli voznika. Sama kupola se vrti ter premika in s tem povečuje učinek doživljanja same resničnosti vožnje. V različne namene se lahko po potrebi tudi zamenja tip avtomobila znotraj kupole.

Slika 2.7: Simulator na univerzi Iowa [20]. Prva slika prikazuje kupolo, v kateri je simulator, druga pa njeno notranjost [21]



Raziskujejo tudi različna stanja, v katerih je lahko voznik, med drugim zaspanost in vinjenost, ter pri tem merijo voznikove manevre ter biometrične in nevrološke vrednosti. V okviru raziskave [21] so primerjali nočno vožnjo devetnajstih ljudi v različnih okoljih (mesto, predmestje, podeželje in avtocesta) pod vplivom alkohola ali marihuane. V primeru alkohola so uporabniki popili mešanico alkohola ali pa sok, ki je bil v enaki steklenici in je imel vonj po alkoholu. Pri marihuani so uporabniki deset minut vdihavali uparjen kanabis ali pa placebo preko dovodnega sistema. Ugotovili so, da ljudje pod vplivom alkohola vijugajo znotraj voznega pasu, večkrat le-tega zapustijo in to počnejo po navadi z večjimi hitrostmi, medtem ko imajo ljudje pod vplivom marihuane več težav samo z vijuganjem znotraj voznega pasu.

2.3.4 Toyota Driving Simulator

Podjetje Toyota ima trenutno najbolj razvit in tehnološko napreden simulator vožnje, ki je prikazan na sliki 2.8. Simulator je postavljen v tehničnem centru Higashifuji [22], njegov videz in funkcionalnosti pa so podobne kot v simulatorju Univerze v Iowi. Namenjen je testiranju in razvoju aktivnih varnostnih tehnologij, ki jih nato lahko uporabijo za zmanjšanje števila nesreč na cestah.

Slika 2.8: Simulator podjetja Toyota [22]



Poglavje 3

Naprave za navidezno resničnost

Pojem navidezna resničnost [23] opisuje računalniško generirano simulacijo tridimenzionalnega prostora, s katerim je oseba lahko v fizični interakciji. Sam pojem navidezna resničnost je poznan že dolgo, a nikoli ni bil uporabljan tako, kot je danes. V zadnjih letih je prišlo do velika razvoja na tem področju, saj se je na trgu pojavilo veliko število očal in kontrolerjev, ki omogočajo dokaj popolno izkušnjo virtualnega sveta.

Vendar ima tako imenovana »pot v navidezni svet« tudi svoje slabosti, na katere morajo biti razvijalci pozorni. V veliko primerih lahko pride do lažjih zdravstvenih težav, kot so nelagodje, glavobol, slabost in dezorientacija.

Tako smo morali preveriti, zakaj do teh težav prihaja in kako naj se jim čim bolje izognemo.

3.1 Teržave naprav za navidezno resničnost

Kot omenjeno, se pri uporabi očal za ustvarjanje navidezne resničnosti lahko pojavijo zdravstvene težave, vendar do njih lahko pride tudi ob uporabi simulatorjev na več ekranih, le da je vzrok drugačen.

Pri navidezni resničnosti lahko uporabniki občutijo simptome potovalne

slabosti (angl. motion sickness) [24]. Glavni vzrok za to je, da možgani niso sposobni interpretirati tistega, kar oči vidijo in telo čuti in kar v nadaljevanju povzroči tako imenovani senzorni konflikt. V večini primerov se to zgodi, ker se oseba v programu premika, med tem ko je v resničnem svetu statična, saj v danem trenutku na telo ne delujejo nobene sile, ki bi sicer delovale ob premikanju.

Do zdravstvenih težav lahko pride tudi na račun zamika v delovanju programa. Recimo, da uporabnik obrne glavo in se premik znotraj programa zgodi z očitno zakasnitvijo. V tistem trenutku možgani pričakujejo takojšno spremembo in tudi tu pride do senzoričnega konflikta. Podobno je tudi, če je število slik (angl. frame) premajhno, kar pomeni, da se slika ne osvežuje dovolj pogosto. V tem primeru se tudi lahko pojavita slabost in glavobol.

Narejenih je bilo več študij [25] in ugotovljeno je bilo, da določeni ljudje težje uporabljajo očala in druge pripomočke, ki omogočajo virtualno resničnost. Med drugim na to vplivajo:

- starost – otroci do dvanajstega leta imajo več težav s slabostjo;
- spol – študije so pokazale, da so ženske bolj dovzetne za slabost, ki nastane zaradi uporabe navidezne resničnosti;
- uporabljanje sistemov – tisti, ki uporabljajo te naprave dalj časa, so manj občutljivi.

Obstajajo rešitve, ki pripomorejo k zmanjšanju nastanka slabosti, in jih bom navedel v naslednjih poglavjih.

3.2 Pregled naprav

V zadnjih letih se je število očal in kontrolerjev, ki omogočajo navidezno resničnost na trgu, skokovito povečalo, glavni vzrok za to je razvoj računalniških iger, ki uporabljajo to tehnologijo. Trenutno so na trgu najbolj prepoznavna očala naslednja:

- HTC Vive
- Oculus Rift
- Playstation VR
- Google Cardboard
- Samsung Gear VR

Za namene diplomskega dela smo izbor zožili le na trenutno najbolj priljubljene in uporabljene ter jih primerjali med seboj.

3.2.1 HTC Vive

Očala in oprema HTC Vive [26] so prišli na trg leta 2016 in so produkt podjetij HTC in Valve. Vive uporablja tehniko »room scale«, za spremljanje premikanja uporabnika. Ta tehnika uporablja infrardeče senzorje, ki do milimetra natančno spremljajo premike uporabnika in jih replicirajo v navideznem svetu. Poleg očal so v kompletu še kontrolerji za omogočanje interakcij.

Slika 3.1: Očala in dodatki za HTC Vive [27]



Očala HTC Vive, prikazana na sliki 3.1, imajo osveževanje slike s frekvenco 90 Hz, po en zaslon na oko, ta pa ima ločljivost 1080×1200 in skupaj omogoča vidno polje 100 stopinj. Oprema je kompatibilna z vsemi

platformami in jo je možno integrirati tako v programe Unity kot tudi v programe, narejene z okoljem Unreal Engine.

3.2.2 Samsung Gear VR

Očala Samsung Gear VR [28] so mobilna očala, ki omogočajo potopitev v virtualni svet. Očala, prikazana na sliki 3.2, so bila narejena v sodelovanju med Samsungom ter Oculusom leta 2015 in so kompatibilna z nekaterimi od Samsungovih telefonov.

Zasnovana so tako, da se v očala vgradi mobilna naprava, ki služi kot medij za prikazovanje, tako da sta ločljivost in frekvenca osveževanja odvisni od tipa telefona, ki ga uporabimo. Vidni kot na zadnjem modelu trenutno obsega 101 stopinjo.

Slika 3.2: Očala in dodatki za Samsung Gear VR [29]



3.2.3 Oculus Rift

Oculus Rift [30] je produkt podjetja Oculus VR. Sam projekt se je začel s kampanjo Kickstarter, kjer so zbrali denar za financiranje prve generacije očal. Očala Oculus Rift DK2 (slika 3.3), katera so bila na voljo v našem primeru, imajo osveževanje slike s frekvenco 75 Hz in ločljivost 960×1080

na obeh zaslonih. Prav tako uporabljajo tehniko nizke obstojnosti (angl. low persistence), kjer ena slika ne ostane na zaslonu dlje kot dve milisekunde, s tem se zmanjša zabrisanost slike in tudi možnost slabosti, ki se lahko pojavi med igranjem. Vidno polje očal je 100 stopinj.

Slika 3.3: Očala Oculus Rift DK2 [31]



Vendar Oculus Rift DK2 ni zadnja verzija očal, ki jih je razvilo podjetje Oculus VR. Z letom 2016 je na trg prišel Oculus Rift CV1 [32], ki je nadgradnja prejšnjih očal za navidezno resničnost. Povečali so frekvenco osveževanja slike s 75 Hz na 90 Hz, hkrati pa so izboljšali še ločljivost obeh zaslonov na 1080×1200 ter povečali vidno polje na 110 stopinj. Dodali so slušalke, ki omogočajo tridimenzionalne zvočne efekte in spremenili videz očal (slika 3.4).

Slika 3.4: Očala Oculus Rift CV1 [33]



3.3 Primerjava

Na podlagi zbranih podatkov, prikazanih v tabeli 3.1, in možnosti, ki smo jih imeli na voljo, smo se odločili za Oculus Rift DK2. Glavni razlog za odločitev je bil, da je bil v danem trenutku Oculus Rift najbolj dostopen in glede na tehnične lastnosti primeren za naš primer simulacije.

Tabela 3.1: Primerjava tehničnih lastnosti očal za navidezno resničnost

Očala	HTC Vive	Oculus Rift DK2	Samsung Gear VR
Ločljivost	1080×1200	960×1080	Odvisno od telefona
Osveževanje slik (Hz)	90	75	Odvisno od telefona
Vidno polje (stopinje)	100	100	101
Platforma	PC	PC	Android
Kompatibilno z Unity	Da	Da	Da

Poglavje 4

Razvoj aplikacije

Pred programiranjem se je bilo potrebno odločiti le še za primerno razvojno okolje. Pregledali smo, katera okolja so najbolj priljubljena in primerna za razvoj navidezne resničnosti, in se nato odločili za razvojno okolje Unity. Razlog, zakaj smo se odločili za okolje Unity in ne za katero izmed ostalih, je, da smo ga že uporabljali in prav tako vedeli, da ima dobro uradno dokumentacijo in veliko podpore ostalih razvijalcev.

4.1 Unity

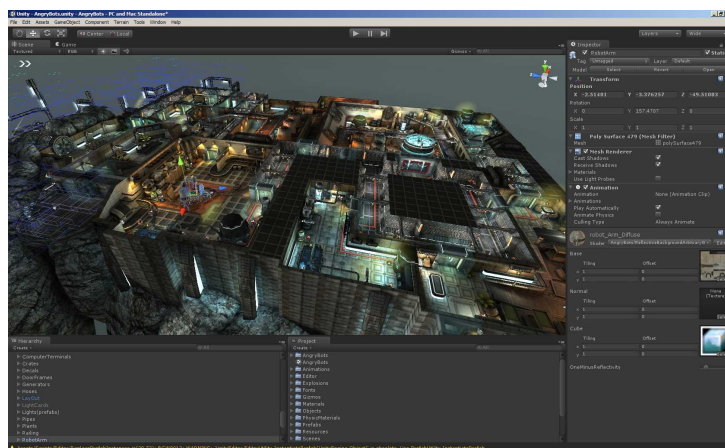
Unity [34] je razvojno okolje za več platform, ki ga je razvilo podjetje Unity Technologies leta 2005. V veliki meri se uporablja za razvoj video iger in simulacij za računalnike, konzole ter mobilne naprave. Njihovi začetki so bili skromni, saj so bili leta 2005 prisotni le na platformi OS X, vendar so se do sedaj razširili na kar 27 platform. Naštejmo nekatere bolj zanimive: Microsoft Hololens, Oculus Rift, Nintendo Switch, HTC Vive.

Unity omogoča razvijalcem ustvarjanje dvodimenzionalnih ter tridimenzionalnih interaktivnih svetov na različnih platformah. Slika 4.1 prikazuje videz razvojnega okolja za razvijalce Unity .

Omogoča tehniko primi in spusti za manipuliranje z elementi ter podpira tri programske jezike (C#, UnityScript, Boo), ki so namenjeni razvoju. Prav

tako omogoča nekaj bolj naprednih tehnik, kot so preslikava refleksije (angl. reflection mapping), preslikava paralakse (angl. parallax mapping), ambientna prostorska okluzija (angl. screen space ambient occlusion) in mnoge druge, ki se uporabljajo pri razvoju iger.

Slika 4.1: Videz razvojnega okolja Unity [35]



4.2 Scena

Pri izbiri okolja ali scene, v kateri bi se izvajala simulacija, smo imeli na izbiro dve možnosti. Lahko bi naredili mesto in bi se uporabnik vozil po mestnih ulicah ali pa bi naredili bolj naravno sceno, kjer bi se uporabnik peljal po cesti skozi pokrajino.

Tabela 4.1: Primerjava ključnih lastnosti različnih scen

	Mesto	Pokrajina
Potrebnosti detajli	Veliko	Srednje
Implementacija prometa	Obsežna in zahtevna	Lahka
Zahtevnost ustvarjanja	Velika	Srednja
Pogostost vožnje ljudi	Velika	Srednja/majhna

Po primerjavi pozitivnih in negativnih lastnosti obeh okolij, ki so prikazane v tabeli 4.1, smo se odločili za pokrajino, ki bi jo lahko naredili sami in

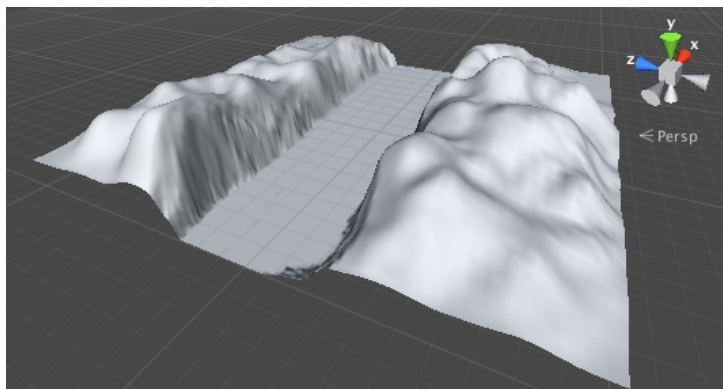
jo tudi po potrebi popravljali. Za sam razvoj terena smo uporabili orodje za generiranje in ustvarjanje terena Unity, katerega primer je prikazan na sliki 4.2.

Slika 4.2: Primer scene, narejene z orodjem za generiranje okolja Unity [36]



Orodje omogoča velik izbor različnih objektov ter manipulacije z njimi. Ko se v aplikacijo doda teren, je ta sprva ravna plošča. S to ploščo lahko manipuliramo tako, da dodajamo ali pa odvezemamo višino ter s tem ustvarjamo gore, hribe in doline, kar je prikazano na sliki 4.3. Da pokrajina ni videti preveč odsekano ali ostro, je mogoče te hribe nato še dodatno zgladiti.

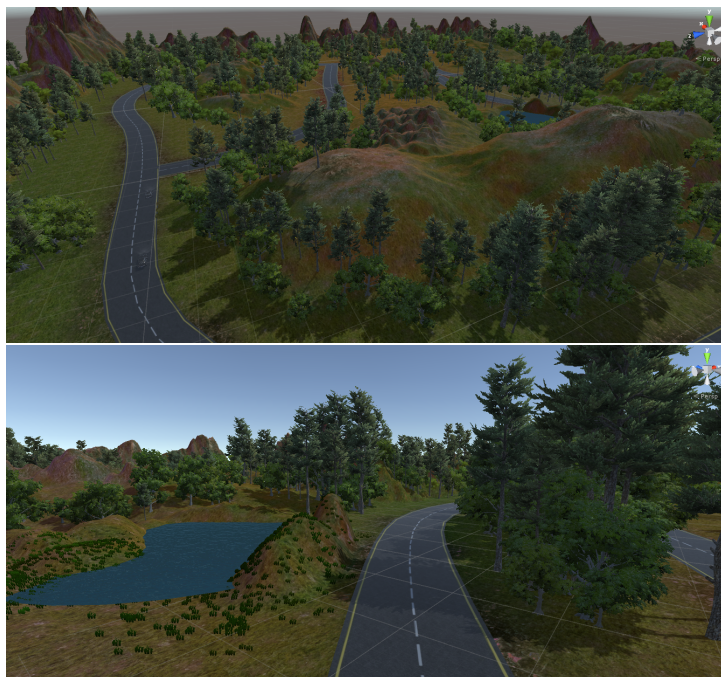
Slika 4.3: Primer spreminjanja oblike terena



V naslednji fazi se dodajo na teren teksture, nekatere od teh ima orodje že nastavljene privzeto, vendar lahko poljubno dodajamo še svoje, če je to potrebno. Ko je pokrajina pravilno oblikovana in ima nastavljene vse potrebne teksture, lahko začnemo nanjo dodajati različne objekte. Generator omogoča dodajanje dreves, rož in trave, ki jim lahko spreminjamo višino, gostoto ter rotacijo.

Ker je program namenjen vožnji avtomobila po cesti, smo morali na sam teren dodati še cesto, po kateri se bo uporabnik lahko peljal. Orodje za ustvarjanje terena tega ne omogoča, zato smo v odprtokodnem programu Blender ustvarili cesto ter jo nato uporabili v okolju Unity. Končni izdelek naše scene je viden na sliki 4.4.

Slika 4.4: Videz ustvarjenega terena



4.3 Razvoj umetno inteligentnega voznika

Ko smo naredili okolje, po katerem se lahko peljemo, je bilo potrebno ustvariti še voznika. V simulatorju smo uporabili dva tipa voznikov, prvi je uporab-

nik in drugi pametni agent, ki se pelje s pomočjo umetne inteligence (angl. artificial intelligence – AI). Med obema tipoma voznikov je veliko podobnosti, tako da smo z implementacijo enega imeli dele kode, ki smo jih lahko uporabili tudi pri drugem.

Odločili smo se, da bomo najprej implementirali AI-voznika. Naloga tega voznika je bila, da se pelje po cesti in se po določenem času nenadoma ustavi in s tem simulira neko nenadno spremembo v prometu. V ta namen je bilo potrebno realizirati dve stanji, in sicer prvo, ko se pelje in pregleduje, če je preteklo dovolj časa in drugo, ko se voznik ustavlja.

4.3.1 Izbira tipa agenta

Za naš namen je bil najbolj primeren enostaven odziven agent [37], saj ta uporablja princip, znan pod imenom pravilo pogoj–akcija (angl. condition–action) (slika 4.5). Psevdokoda v algoritmu 1 prikazuje posplošeno delovanje tega enostavnega odzivnega agenta.

Vhodni podatki: pozicije avtov

Izhod: akcija agenta

inicializacija;

if uporabnik je dovolj blizu **then**

if potekel čas za vožnjo **then**

 začni se ustavljati;

else

 nadaljuj brez sprememb;

end

else

 pelji dalje brez sprememb;

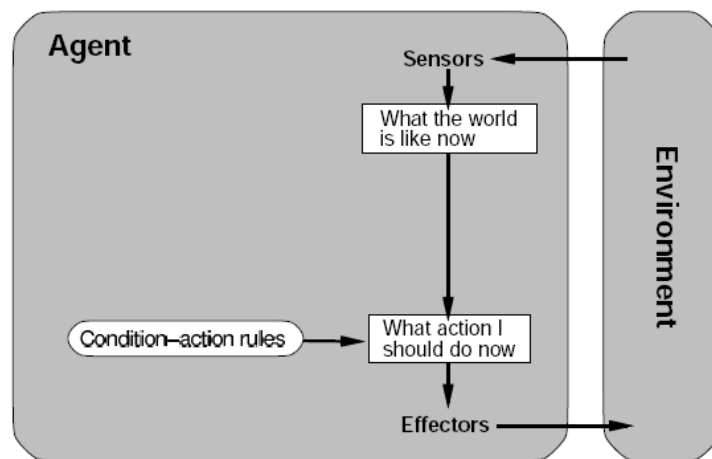
end

Algoritem 1: Delovanje enostavnega odzivnega agenta

Preden se agent začne peljati, se mu določi, koliko časa naj pelje, preden se lahko začne ustavljati. Ta čas je med 40 in 60 sekundami. Nato med

vožnjo odzivni agent konstantno preverja razdaljo med njim in uporabnikom in če je ta dovolj blizu, agent beleži pretečen čas vožnje. Kot dovolj blizu smo vzeli varnostno razdaljo dveh sekund, ki predstavlja pri 50 km/h približno 28 m in jo povečala še za 7 metrov, da uporabnik lahko pelje z večjo razdaljo kot je minimalna. Agent se začne ustavljati v dveh primerih, ko uporabnik vozi dovolj dolgo za njim na razdalji manjši od 35 metrov ali pa, ko preteče dvakrat več časa, kot smo ga na začetku določili. V obeh primerih bo agent počakal, da uporabnik spet pride dovolj blizu in se nato začel ustavljati.

Slika 4.5: Enostaven diagram delovanja enostavnega odzivnega agenta [38]



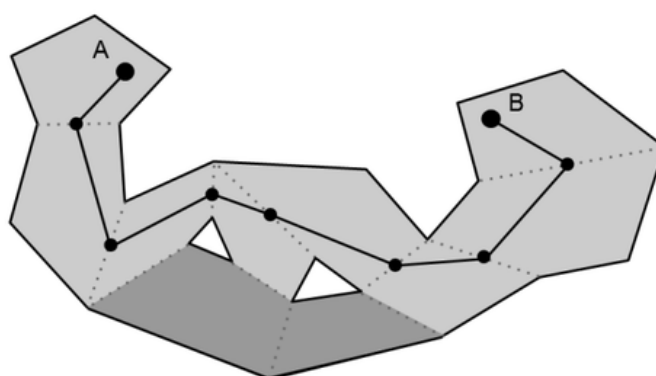
4.3.2 Premikanje

Za samo premikanje smo uporabili tehniko podobno grafom smernih točk, katerega posplošen prikaz je na sliki 4.6. To je graf točk, med katerimi lahko agent varno potuje in se predvideva, da se na poti ne bo v nič zaletel, kam padel ali kaj podobnega. V našem primeru smo ustvarili različne krožne grafe, po katerih lahko agent potuje, in se mu pri tem ni potrebno obremenjevati, kaj je okoli njega. S tem smo poenostavili vožnjo agenta in jo naredili kar se da raznoliko.

Za dosego tega cilja smo na sceni naredili prazne objekte (angl. empty gameobject) in jih postavili tako, kot smo želeli, da se agent vozi. Ko je

agent prišel v bližino enega od teh objektov, je spremenil cilj na naslednji objekt ter se pravilno orientiral, da je lahko prišel do njega. S tem smo ga razbremenili, saj mu ni bilo potrebno zaznavati in interpretirati vse okolice in je moral preverjati le, kje je sam in kje je uporabnik glede na njegovo pozicijo.

Slika 4.6: Primer posplošenega grafa smernih točk [39]



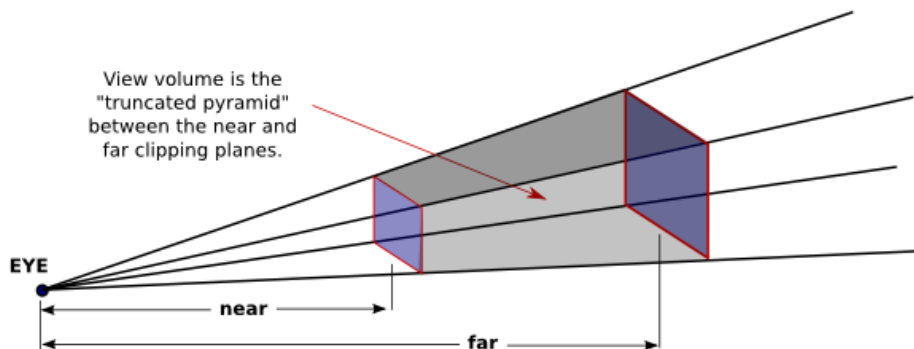
4.4 Kamera

Avtomobil, ki smo ga dodali na sceno, je bil prenesen iz trgovine Unity [40] in je bil nato uporabljen za obe vozili na cesti. Za boljši občutek smo vzeli avto, ki je imel tudi primerno notranjost, saj je bilo pri uporabniško vodenem avtomobilu potrebno definirati pogled oziroma kamero znotraj vozila. Kamero smo postavili pri vzglavju voznikovega sedeža in jo usmerili tako, da je lahko hkrati videl obe stranski ogledali.

Po postavitvi kamere je bilo potrebno spremeniti le še omejitveni ravnini, ki se uporabljata v tehniki stožčastega izbiranja (angl. frustum culling) [41]. Ta tehnika naredi iz gledalčeve vidne točke prirezano piramido iz dveh ravnin, kar je prikazano na sliki 4.7. Vsi objekti, ki se nahajajo med tema dvema ravninama so prikazani, medtem ko so ostali objekti izpuščeni. V našem primeru smo morali bližnjo ravnino (angl. near clipping plane) postaviti na čim manjšo razdaljo, da med spreminjanjem pogleda ni izginil kakšen kos

vozila. Prav tako je bilo potrebno postaviti oddaljeno ravnino (angl. far clipping plane) na dovolj veliko razdaljo, saj človeško oko lahko vidi večje objekte tudi na daljše razdalje.

Slika 4.7: Prikaz stožčastega izbiranja z omejitvenima ravninama [42]



4.5 Približevanje resničnosti

Ko smo ustvarili AI-voznika, smo nato naredili še voznika za uporabnika. Funkcije za premikanje avtomobila ter za ustavljanje smo vzeli kar od pametnega agenta, saj so se zelo malo razlikovale. Ključna razlika pri uporabniško vodenemu vozniku je bila, da naj deluje njegova vožnja čim bolj realistično, zato smo implementirali dodatne akcije, ki so povečale resničnost vožnje tako v treznem kot tudi v simuliranem vinjenem stanju.

4.5.1 Vijuganje avtomobila

Pomembno opažanje med vinjeno vožnjo je bilo, da je voznik redko zmožen peljati čisto naravnost, saj konstantno obrača volan in s tem vijuga po cesti. Ta pojav se z večanjem vinjenosti samo še stopnjuje, saj vinjeni vozniki začnejo izgubljati nadzor nad delom rok, poslabša se jim vid in postanejo lahko tudi zaspani. Vse to vpliva na ohranjanje smeri med vožnjo.

V ta namen smo naredili funkcijo, ki uporabniku na obstoječ kot zavijanja doda še nekaj malega zamika, bodisi v eno ali pa v drugo smer. S tem smo

omogočili, da mora voznik v vinjenem stanju neprestano paziti in popravljati smer avtomobila.

4.5.2 Povečan reakcijski čas

Kot smo omenili že v prvem poglavju, alkohol vpliva na zaznavanje in reagiranje voznika ob spremembah v njegovi okolici. To je ena ključnih težav vožnje v vinjenem stanju, saj se vinjeni voznik odzove neprimerno počasneje na spreminjajoč se promet. Glavni vzrok za to pa je, da možgani ne procesirajo optimalno vsega, kar se dogaja. Na sliki 4.8, ki prikazuje proces zaznavanja in reakcije, se v drugi fazi čas poveča.

Slika 4.8: Proces reakcije človeka na dogodek [43]



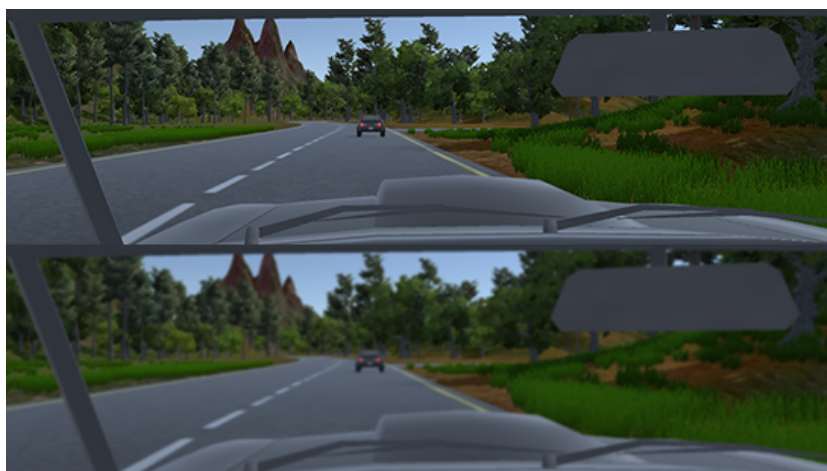
Ta pojav smo v našem primeru implementiral tako, da smo podaljšali čas med pritiskom uporabnika na zavoro in dejansko reakcijo avtomobila v simulatorju. Na internetu smo zasledili podatek, da se pri dovoljeni meji vinjenosti reakcijski čas lahko podaljša za 13 odstotkov, kar smo vzeli kot merilo za vse naslednje vrednosti. Samo za ilustracijo, teh 13 odstotkov lahko pomeni pri hitrosti 50 km/h kar 3 metre daljšo zavorno pot.

4.5.3 Zamegljen vid uporabnika

Kot smo omenili, je eden od vplivov alkohola na voznika tudi zamegljen vid, ki mu otežuje razločevanje objektov, oseb in ostalih pomembnih stvari v prometu. Ker so bila za simulacijo uporabljena očala Oculus Rift, je bil vpliv zamegljenosti vida toliko bolj resničen, kot če bi to simulirali na navadnem računalniškem zaslonu.

V simulatorju smo zamegljen vid dosegli z efektom »blur«, ki je že implementiran v razvojnem okolju Unity, ki smo ga dodali na kamero. Rezultat tega efekta je prikazan na sliki 4.9.

Slika 4.9: Primer zamegljene slike z uporabo efekta »blur«. Zgornja slika je originalna, spodnja pa z efektom



4.6 Integracija kontrolerjev

Omenili smo že, da smo uporabili očala Oculus Rift ter volan in pedala z namenom, da bo imel uporabnik občutek pravih avtomobilskih kontrol. Vendar so bile z integracijo le-teh v okolje Unity težave.

4.6.1 Volan in pedala

Naprava, ki smo jo uporabili za volan in pedala, se imenuje Thrustmaster 360 Ferrari Modena, prikazan na sliki 4.10. Program dobi vrednosti od volana in pedal, ki so med -1 in 1. Vendar ima Unity težave z pridobivanjem pravih vrednosti posameznih kontrolerjev, kar se je pokazalo tudi v našem primeru.

Slika 4.10: Oprema Thrustmaster 360 Ferrari Modena



Pedala so že od začetka delovala tako, kot bi morala. V privzetem stanju to pomeni, ko uporabnik ne pritiska na nobeno od pedal, je vrednost enaka 0. Ko pa uporabnik pritisne na enega izmed njih je vrednost med -1 in 0, če pritiska na zavoro, ali pa med 1 in 0, če pritiska na plin.

Več težav je bilo z vrednostmi volana, ki niso bile pravilne. V primeru, da so bile nastavitve kontrolerja privzete, so bile vrednosti, ki jih je okolje Unity zabeležilo zgoščene na 90 od 180 stopinj, ki jih omogoča volan.

Po številnih poskusih in spremembah tako nastavitve kot tudi vrednosti, smo prišli do rešitve [44]. Potrebno je bilo spremeniti senzitivnost na 0,1 in odstopanje pri zaznavi sprememb na 0. S tem smo dobili vrednosti med 0,1 in 0,3 na levi strani volana ter -0,1 in 0,1 na desni strani. To smo nato normalizirali na interval med -1 in 1. Zaradi zmanjšane senzitivnosti so se povečale majhne spremembe smeri, kar smo deloma rešili s tem, da je potrebno kot oziroma smer spremeniti vsaj za 0,75 stopinj, da to program zazna kot spremembo, na katero naj se odzove.

4.6.2 Oculus Rift

V primeru Oculus Rifta z integracijo ni bilo večjih težav. V nastavitvah programa Unity se lahko izbere, za katere platforme bomo razvijali in ena izmed teh je tudi VR.

Večina našega programa je delovala že od začetka tako, kot je bilo predvideno. Izjema so bili meniji, ki se jih je sicer videlo na ekranu, vendar ne znotraj navideznega sveta. Ta pojav se zgodi zato, ker meniji Unity delujejo v dvodimenzionalnem prostoru, med tem ko je navidezni svet tridimenzionalen. Rešitev je bilo več, izbrali smo eno od bolj preprostih – vzeli smo nek objekt in nanj prikazovali meni.

Poglavje 5

Ovrednotenje

Ko je bil simulator ustvarjen, ga je bilo potrebno še ovrednotiti in ugotoviti, ali je tak tip simulacije primeren za takšno nalogo ter kako dobro je bil zasnovan. Ovrednotenje smo razdelili na dva dela, v prvem smo dobili kvalitativno oceno uporabnikov, v drugem pa smo podali osebno mnenje.

5.1 Kvalitativna ocena

Za namen ocene simulatorja vožnje smo zbrali skupino 11 ljudi, ki so imeli različno znanje in izkušnje z vožnjo. V tej skupini so bili ljudje, ki še nimajo izpita oziroma trenutno delajo vozniški izpit, mladi vozniki, vozniki z nekaj leti izkušenj in vozniki, ki imajo za seboj že več tisoč kilometrov vožnje. Prav tako je bila skupina mešana v smislu spolov in starosti, saj je simulator testiralo 5 moških in 6 žensk, ki so bili stari med 18 in 70 let.

Sam test simulatorja je potekal tako, da smo pripeljali osebo v laboratorij, kjer smo predhodno postavili opremo in pripravili program. Pred začetkom smo jim pojasnili, katere tehnologije bodo uporabljali in kakšni so možni stranski učinki, pri čemer smo jih opozorili, da v primeru, da se pojavi kakršnokoli slabo počutje, morajo to nemudoma povedati. Potem smo jim obrazložili, kakšen tip programa bodo testirali in kakšna je njihova naloga. Slediti so morali vozilu pred seboj in se začeti ustavljati, ko se začne usta-

vljati vozilo pred njimi. Nato je sledilo testiranje simulatorja, ki je prikazano na sliki 5.1 in 5.2. Vsak uporabnik je poskusil dve ali več stopenj, opisanih na koncu poglavja 2.1, odvisno od njegovega počutja. Po simulaciji pa so izpolnili še kratko anketo, v kateri so bila vprašanja, ki so se navezovala na njihovo izkušnjo med testiranjem.

Slika 5.1: Uporabnik v simulatorju



Slika 5.2: Pogled iz perspektive uporabnika



V anketi je bilo šest vprašanj. Za namen kvalitativne ocene simulatorja sledijo rezultati ankete.

Prvo vprašanje je bilo, kako dobro se je simulator približal resničnosti vožnje. Uporabniki so na to vprašanje odgovarjali z oceno med ena in pet, kjer je bila ena najslabša, pet pa najboljša možna ocena. Na to vprašanje

so odgovorili s povprečno oceno $3,3 \pm 0,34$. Glavni razlog za tak rezultat je bila uporaba volana in pedal, saj ta voznike ni prepričala dovolj dobro.

Naslednje vprašanje je bilo, ali je uporaba očal Oculus Rift pripomogla k resničnosti vožnje. Tudi v tem primeru so preizkuševalci ocenjevali z oceno med ena in pet. Uporabniki so odgovorili na to vprašanje s povprečno oceno $4,6 \pm 0,22$, kar pomeni, da je Oculus Rift zelo pripomogel k realnosti izkušnje.

Ker je bil glavni razlog za simulator opozarjanje na nevarnost vožnje v vinjenem stanju, je bilo naslednje vprašanje namenjeno temu. Uporabnike smo vprašali, ali so občutili razliko med vožnjo v vinjenem in treznem stanju. Povprečen odgovor je bil $3,5 \pm 0,48$.

Kot je bilo že omenjeno, lahko uporaba očal za navidezno resničnost povzroči slabost, vrtoglavico in glavobol. Naslednje vprašanje je bilo, ali je uporabniku med testiranjem postalo slabo oziroma je občutil nelagodje. Dve osebi nista imeli težav, štirim je postalo malo neprijetno, preostalih šestim pa je med oziroma po koncu simulacije postalo slabo.

Odvračanje ljudi od tega, da bi sedli za volan vinjeni, je bil glavni cilj diplomskega dela, zato je bilo peto vprašanje namenjeno prav temu. Preizkuševalce smo vprašali, ali bodo v prihodnje sedli za volan vinjeni in ali bodo od sedaj na to gledali drugače. Z izjemo dveh oseb, ki menita, da poznata vpliv alkohola nanju, so vsi uporabniki odgovorili, da ne bodo sedli za volan vinjeni oziroma tega niso počeli že do sedaj in je simulacija njihovo odločitev le še podkrepila.

Zadnje vprašanje je bilo namenjeno predlogom, kaj bi dodali oziroma spremenili v simulaciji. Podali so nam naslednje predloge:

- Dodati zgornjo zavorno luč na računalniško vodenem vozilu
- Zmanjšati čas vožnje za vozilom
- Dodajanje nihanja kamere pri večanju vinjenosti
- Še bolj izrazito povečati razlike med trezno in vinjeno vožnjo

Če bi implementirali zadnja dva predloga, bi uporabniku zaradi premikanja kamere in slabše odzivnosti lahko postalo še hitreje slabo. To je bil glavni razlog, da smo nekoliko zmanjšali razliko v zaviranju ter nismo dodali nihanja kamere z naraščanjem vinjenosti.

5.2 Osebno mnenje

Simulator deluje in tako izpolnjuje cilj, ki smo si ga v okviru diplomske naloge zastavili. Skozi razvoj simulatorja smo spoznali nove tehnike razvoja, se spoznali z novo tehnologijo virtualne resničnosti in naredili končni izdelek, ki ga lahko ljudje uporabljajo.

Pri izvedbi simulatorja vidimo dve pomanjkljivosti. Na začetku smo želeli narediti več simuliranih situacij, kot je skok divjadi pred avto, padec drevesa na cesto in podobno, na kar bi moral voznik odreagirati med samo vožnjo. S tem bi poskusili zaobjeti čim več resničnih življenjskih situacij, ki se lahko zgodijo vozniku na cesti in se mora nanje ustrezno odzvati. Vendar to zaradi kompleksnosti izdelave in materiala, ki smo ga imeli na voljo, ni bilo mogoče izvesti v kratkem času. Druga pomanjkljivost pa zadeva opremo, ki smo jo uporabili za izvedbo simulacije. Z uporabo volana, ki bi se rotiral tako kot navaden volan in ne le za 180 stopinj, bi vozniki dobili bolj realističen občutek vožnje. Prav tako bi pomagalo, če bi moral uporabnik menjati prestave, saj ima večina ljudi avtomobile z menjalnikom. Če bi lahko uporabili takšne naprave, smo prepričani, da bi bili uporabniki še bolj prepričani v resničnost izkušnje.

Testiranje uporabnikov je bilo po našem mnenju uspešno, z izjemo slabosti, katero so v veliko primerih povzročila očala za navidezno resničnost. Test nam je pokazal, da je simulacija prepričala uporabnike in jih s tem pripravila, da razmislijo preden naslednjič sedejo za volan vinjeni.

Poglavje 6

Zaključek

Namen diplomske naloge je bil ustvariti simulacijo vožnje pod vplivom alkohola, pri kateri smo si pomagali z uporabo očal Oculus Rift, da smo uporabniku omogočili boljšo uporabniško izkušnjo.

Glede na rezultate ankete je bila ključna naloga uspešno opravljena, saj je večina ljudi menila, da si ne bi upali sesti za volan avtomobila v vinjenem stanju.

Uporabniku smo poskušali čim bolj poustvariti realne pogoje vožnje v vinjenem stanju in pri tem nam je uporaba virtualne resničnosti definitivno pomagala. Vendar ima ta tehnologija trenutno še preveč stranskih učinkov in bi bilo za simulacije vožnje morda bolj primerno uporabiti večje število zaslonov kot pa VR-očala.

Glede samega programa menimo, da je lahko z izboljšavami uporaben za namen izobraževanja in informiranja ljudi. Uporabljali bi ga lahko v centrih varne vožnje ter na šolah vožnje, saj bi jim omogočil doživetje vožnje pod vplivom alkohola. Program bi se dalo še izboljšati z dodajanjem detajlov, mogoče s spremembo scene, saj se vozimo veliko več po mestih kot pa po podežlju. Implementirali bi lahko še več različnih scenarijev nevarnosti, na katere bi se morali uporabniki odzvati med vožnjo. S tem bi dobili še bolj realistične odzive, saj ne bi bili uporabniki osredotočeni le na vozilo pred njimi.

Literatura

- [1] Obvezna vadba za voznike začetnike. Dosegljivo: <http://www.24ur.com/novice/gospodarstvo/ze-letos-obvezna-vadba-za-voznike-zacetnike-zacenja-se-solanje-instruktorjev-varne-voznje.html>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [2] Alcohol content. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Blood_alcohol_content. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [3] How long does alcohol stay in your system. Dosegljivo: <http://www.howlongdoesalcoholstayinyoursystem.org/>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
- [4] Alcohol research. Dosegljivo: <https://one.nhtsa.gov/people/injury/research/pub/Hs809028/Results.htm>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [5] Prometna varnost. Dosegljivo: <http://www.policija.si/index.php/statistika/prometna-varnost>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [6] Converting table BAC to promil. Dosegljivo: <http://www.hanint.com/converting.pdf>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [7] Simulation. Dosegljivo: <https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>. [Dostopano: 14. 8. 2017].

-
- [8] Flight simulator. Dosegljivo: <http://kuow.org/post/after-asiana-crash-pilot-training-gets-new-scrutiny>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
- [9] Driving simulator. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Driving_simulator. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [10] Sim racing. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Sim_racing. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [11] AMZS simulatorji. Dosegljivo: <https://www.amzs.si/solavoznje/vozniski-izpit/simulatorji-voznje>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [12] Posebni simulatorji AMZS. Dosegljivo: <https://www.amzs.si/cvv/programi/posebni-programi/simulator>. [Dostopano: 30. 8. 2017].
- [13] Intervencijski simulator AMZS. Dosegljivo: <http://www.delo.si/novice/slovenija/nujne-voznje-ne-mores-vaditi-na-cesti.html>. [Dostopano: 30. 8. 2017].
- [14] What are impairment goggles. Dosegljivo: <https://twitter.com/nervteh>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
- [15] Drunk buster alcohol and drug impairment goggles. Dosegljivo: <https://www.lifeloc.com/goggles>. [Dostopano: 3. 9. 2017].
- [16] NERVteh. Dosegljivo: <https://www.nerv-teh.com/>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [17] NERVteh simulator varne vožnje. Dosegljivo: <http://www.rtv slo.si/zabava/avtomobilnost/novice/preizkusite-slovenski-sodobni-simulator-varne-voznje/418384>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [18] Simulator Zetadrive. Dosegljivo: <https://twitter.com/nervteh>. [Dostopano: 26. 8. 2017].

-
- [19] Iowa simulator receives grant. Dosegljivo: <https://www.engineering.uiowa.edu/news/national-advanced-driving-simulator-receives-us-department-transportation-grant>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [20] Iowa simulator staff. Dosegljivo: <http://www.wisegEEK.com/what-are-impairment-goggles.htm>. [Dostopano: 13. 9. 2017].
- [21] NADS studies the effects of cannabis and alcohol on driving performance. Dosegljivo: https://www.nads-sc.uiowa.edu/news_cannabis.php. [Dostopano: 30. 8. 2017].
- [22] Toyota driving simulator review. Dosegljivo: <http://www.telegraph.co.uk/motoring/road-safety/6598418/Toyotas-30-million-driving-simulator-review.html>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
- [23] Virtual reality. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [24] Virtual reality sickness. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality_sickness. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [25] Eugenia M. Kolasinski. Simulator Sickness in Virtual Environments. Technical report, United States army research institute for the behavioral and social sciences, 1995. Dosegljivo na naslovu: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA295861>. [Dostopano: 30. 8. 2017].
- [26] HTC Vive. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive. [Dostopano: 14. 8. 2017].
- [27] VR headset review. Dosegljivo: <https://arstechnica.com/gaming/2016/10/best-vr-headset-2016-psvr-rift-vive/>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
- [28] Samsung Gear VR. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Samsung_Gear_VR. [Dostopano: 14. 8. 2017].

-
- [29] Samsung Gear VR review. Dosegljivo: <https://www.cnet.com/products/samsung-gear-vr-2017/review/>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [30] Oculus Rift VR. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_VR. [Dostopano: 14. 8. 2017].
 - [31] Oculus Rift DK2. Dosegljivo: <https://www3.oculus.com/en-us/dk2/>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [32] Oculus Rift. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift. [Dostopano: 2. 9. 2017].
 - [33] Oculus Rift CV1 officially revealed. Dosegljivo: <http://simracingpaddock.com/sim-hw/oculus-rift-cv1-officially-revealed/>. [Dostopano: 30. 8. 2017].
 - [34] Unity manual. Dosegljivo: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>. [Dostopano: 14. 8. 2017].
 - [35] Unity review. Dosegljivo: <https://bestwinsoft.com/developers/utilities/unity-3d>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [36] Unity terrain. Dosegljivo: <https://docs.unity3d.com/Manual/script-Terrain.html>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [37] Intelligent agent. Dosegljivo: https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_agent. [Dostopano: 14. 8. 2017].
 - [38] Simple reflex agents. Dosegljivo: <https://www.doc.ic.ac.uk/project/examples/2005/163/g0516334/sra.html>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [39] AI pathing. Dosegljivo: <http://gamedevevacademic.tumblr.com/post/69849130309/ai-pathing>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [40] Model avtomobila iz Unity store. Dosegljivo: <https://www.assetstore.unity3d.com/en/#!/content/79854>. [Dostopano: 30. 8. 2017].

-
- [41] View frustum culling. Dosegljivo: <http://www.lighthouse3d.com/tutorials/view-frustum-culling/>. [Dostopano: 30. 8. 2017].
 - [42] Projection and viewing. Dosegljivo: <http://math.hws.edu/graphicsbook/c3/s3.html>. [Dostopano: 30. 8. 2017].
 - [43] Reakcijski proces. Dosegljivo: <https://swaymedical.com/system/reaction-time>. [Dostopano: 26. 8. 2017].
 - [44] Input problems. Dosegljivo: <https://forum.unity3d.com/threads/gamepads-and-getaxisraw.67906/>. [Dostopano: 26. 8. 2017].